



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß Oberbegriff von Anspruch 1, eine Vorrichtung gemäß Anspruch 13 und die Verwendung des Verfahrens und der Vorrichtung gemäß Anspruch 14.

[0002] Zur Erkennung eines Druckverlusts in einem Kraftfahrzeug läßt sich ein vorhandenes elektronisches System zur Regelung der Bremskraft (ABS) oder zur Regelung der Fahrdynamik (ESP) nutzen. In diesen Systemen sind üblicherweise bereits Einrichtung zur in ausreichendem Maße präzisen Messung der Umlaufgeschwindigkeit Räder vorhanden, wie beispielsweise intelligente Drehzahlsensoren an den einzelnen Rädern, welche, die Radsignale an die Regelung weiterleiten.

[0003] Bekanntlich ist es möglich, aus einer Beobachtung von minimalen Drehzahländerungen auf einen Druckverlust zu schließen. Ein entsprechendes Verfahren ist beispielsweise in der WO 98/52780 beschrieben.

[0004] Es wird gewünscht, daß eine Einrichtung zur Druckverlusterkennung sicher arbeitet, d. h. einen Druckverlust erkennt, ohne zu stark zu Fehlwarnungen zu neigen. Auch soll das System nach möglichst kurzer Zeit nach Fahrtbeginn verfügbar sein.

[0005] Für eine ausreichende Zuverlässigkeit der Druckverlusterkennung ist es nötig, daß zwischen störenden, die Raddrehzahl überlagernden Schwankungen in den Radsignalen und Abweichungen durch einen Druckverlust möglichst genau unterschieden werden kann. Störende Einflüsse ergeben sich durch die Fahrsituation (Kurvenfahrt, Beschleunigung etc.) oder auch Fahrbahnunebenheiten und unterschiedliche Reifeneigenschaften (Ersatzrad, Reifentypen).

[0006] Praktisch allen Reifendruckerkennungssystemen ist gemeinsam, daß dem Erkennungssystem zunächst vom Fahrer mitgeteilt werden muß, zu welchem Zeitpunkt der Solldruck der Räder eingestellt ist. Dies kann beispielsweise mittels eines im Armaturenbrett angebrachten Reset-Schalters (Fig. 1, Bezugszeichen 11) geschehen. Liegt nach einer bestimmten Zeit ein Druckverlust an einem oder mehreren Rädern vor, so steigt die Radgeschwindigkeit des Rades als Folge der Druckdifferenz  $\Delta P$  und der damit verbundenen Verringerung des reifenabhängigen dynamischen Abrollradius. Auf einen Druckverlust kann erkannt werden, wenn sich der dynamische Abrollradius bzw. die Winkelgeschwindigkeit des betreffenden Rades um ein vorgegebenes Mindestmaß geändert hat.

[0007] Heutige Systeme zur Druckverlusterkennung nehmen zunächst in einer Lernphase den Normalzustand für das Abrollverhalten der Räder ein, um daran anschließend in einer Erkennungsphase Abweichungen von den eingelernten Verhältnissen feststellen zu können. Das Einlernen von Werten erfolgt bei an sich bekannten Systemen zur Druckverlustbestimmung praktisch immer in Fahrsituationen, die nicht dynamisch sind, d. h. beispielsweise wenn Geradeausfahrt vorliegt. Während Kurvenfahrten wird das Einlernen und das Vergleichen in der Vergleichsphase unterdrückt.

[0008] Zum Beispiel bei der Fahrt in einer langgezogene Autobahnkurve kann es vorkommen, daß für einen verhältnismäßig langen Zeitraum konstante Fahrbedingungen vorliegen. Bisherige Systeme zur Druckverlusterkennung können nicht ausreichend zuverlässig zwischen einer beschleunigungsfreien Geradeausfahrt und einer mit gleichbleibender Geschwindigkeit durchfahrenen langgezogenen Kurve unterscheiden. Hierdurch sind Fehler bei der Druckverlusterkennung nicht immer zu vermeiden. Dies läßt sich darauf zurückführen, daß bei der Druckverlusterkennung in der Kurve die Verhältnisse während der Kurvenfahrt durch das

System eingelernt werden.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Fehlinterpretation der Fahrsituation bei der Druckverlusterkennung, insbesondere bei langgezogenen Kurven, zu vermeiden.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch das Verfahren gemäß Anspruch 1.

[0011] Gemäß dem Verfahren der Erfindung werden zunächst Sensorsignale, die eine Information über die Umlaufgeschwindigkeit der Räder enthaltenen, ausgewertet.

[0012] Das Druckbestimmungsverfahren erzeugt vorzugsweise aus den Radgeschwindigkeiten oder Informationen, die die Radgeschwindigkeiten auf Basis von Zeitintervallen angeben, eine oder mehrere Referenzgrößen durch Bildung von Kreuzrelationen. Dabei werden die Referenzgrößen daraufhin überwacht, ob jeweils ein Grenzwertbereich für die Referenzwerte eingehalten wird.

[0013] Vorzugsweise weist das Verfahren zur Bestimmung des Reifendruckverlusts eine Lernphase und eine Vergleichsphase auf. Besonders bevorzugt werden in der Lernphase obere und untere Grenzwerte für ein Grenzwertband gelernt. In der Vergleichsphase können dann die eingelernten Grenzen verwendet werden.

[0014] Die Erkennung eines Druckverlusts wird bevorzugt dann signalisiert, wenn ein aktuell bestimmter Referenzwert nicht mehr innerhalb des Grenzwertbandes liegt.

[0015] Eine Erzeugung von Referenzwerten erfolgt beispielsweise für eine zuverlässige Erkennung nur dann, wenn Geradeausfahrt vorliegt oder die Fahrsituation hinreichend wenig Beschleunigungseinflüssen ausgesetzt ist (undynamisch) und somit eine Erkennung eines Druckverlusts ermöglicht wird.

[0016] Die Erkennung einer Geradeausfahrt oder einer nicht dynamischen Fahrsituation erfolgt nach der Erfindung an Hand von unveränderten Radgeschwindigkeitssignalen, wobei die unveränderten Radsignale Rohdaten bzw. -signale von den Radsensoren sind.

[0017] Unter Rohdaten oder -signalen werden Radgeschwindigkeitsinformationen verstanden, die nicht durch eine Einrichtung zur Blockierverhinderung korrigiert worden sind. Hierdurch wird vermieden, daß langgezogene Kurven aufgrund einer Korrektur nicht mehr erkannt werden können.

[0018] Unter dem Begriff "dynamisches Fahrmanöver" wird im Sinne der Erfindung ein Fahrmanöver verstanden, bei dem nur bis zu einem gewissen Mindestmaß ein Einfluß der Fahrbedingung auf den dynamischen Abrollumfang bzw. den dynamischen Abrollradius stattfindet. Dies ist im allgemeinen dann der Fall, wenn auf das Fahrzeug Beschleunigungskräfte, wie Querschleunigung  $Q$ , Längsbeschleunigung  $L$  oder Gierbeschleunigung  $\Psi$ , wirken.

[0019] Unter dem Begriff "wenig dynamisches Fahrmanöver" bzw. "nicht dynamisches Fahrmanöver" oder "nicht dynamische Fahrsituation" wird im Sinne der Erfindung verstanden, wenn kein dynamisches Fahrmanöver, wie oben beschrieben, vorliegt. Dies ist vorzugsweise dann der Fall, wenn die Querschleunigung  $Q$  kleiner oder gleich  $0,15 g$ , die Längsbeschleunigung  $L$  kleiner oder gleich  $0,15 g$  und die Gierrate  $\Psi$  kleiner oder gleich  $0,15 g$  ist. Ist mindestens eine der aufgeführten Beschleunigungsgrößen größer als vorstehend beschriebenen, so liegt bevorzugt ein dynamisches Fahrmanöver vor. Vereinfachend wird eine dieser Definition entsprechende nicht dynamische Fahrsituation im Folgenden auch als "Geradeausfahrt" bezeichnet.

[0020] In diesem Absatz wird beschrieben, was unter einem kreuzweisen Vergleich (Kreuzrelation) gemäß der Erfindung verstanden wird. Nach dem Verfahren der Erfindung werden bevorzugt aus den Drehzahlinformation Referenz-



werte Ref gebildet, die zum kreuzweisen Vergleich der einzelnen Räder dienen. Hierdurch fallen rechnerisch aus den Drehzahlwerten absolute Anteile heraus, so daß geringe Drehzahlunterschiede zu großen Werteänderungen führen. [0021] Die Referenzgröße Ref wird besonders zweckmäßig gebildet, indem die Summen jeweils zweier die Raddrehzahlen repräsentierender Signale von verschiedenen Rädern dividiert werden. Sinnvolle Radpaarungen ergeben sich beispielsweise durch Betrachtung aller möglichen Kombinationen der vorhandenen Räder, die mit einer Drehzahlerkennungseinrichtung ausgerüstet sind. Prinzipiell ist dieses Verfahren unabhängig von der Anzahl der Räder oder Achsen. Gemäß der Erfindung können aber auch alternative Methoden zur Bestimmung eines Referenzwertes sinnvoll sein, beispielsweise indem Summen von Paaren von Raddrehzahlen summiert und von anderen Paaren subtrahiert werden.

[0022] Zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden im wesentlichen lediglich vorrichtungsmäßige Einrichtungen benötigt, die ohnehin in einem üblicherweise eingesetzten ABS-, ASR-, ESP- oder auch Fahrzeugnavigations-System vorhanden sind. Das Verfahren läßt sich daher vorteilhafterweise besonders kostengünstig in ein vorhandenes System integrieren, sofern darauf geachtet wird, daß der Ressourcenbedarf (Speicher, Rechenleistung) nicht zu groß ist.

[0023] Die Erfindung betrifft daher auch eine Vorrichtung zum Steuern der Bremskraft und/oder der Fahrdynamik und zur Erkennung eines Druckverlusts von Kraftfahrzeugreifen, welche dadurch gekennzeichnet ist, daß ein Mikrorechner, der mit Raddrehzahlsensoren und gegebenenfalls zusätzliche Fahrdynamiksensoren verbunden ist, ein vorstehend beschriebenes erfindungsgemäßes Verfahren und ein an sich bekanntes Verfahren zur Regelung der Bremskraft und/oder Fahrdynamik abarbeitet.

[0024] Die Erfindung betrifft weiterhin die Verwendung des vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens und der vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung in Personenkraftwagen, welche in der Regel zwei Achsen aufweisen, oder in Nutzfahrzeugen mit zwei oder mehreren Achsen. Bei der Verwendung der Druckverlusterkennung in Fahrzeugen mit mehreren Achsen lassen sich, wenn die zusätzlichen Achsen Einrichtungen zur Bestimmung der Umlaufgeschwindigkeit der an dieser Achse angebrachten Räder aufweisen, die zusätzlich gewonnen Radinformationen zusätzlich verwenden. Dies kann insbesondere dadurch erfolgen, daß die Radinformationen der zusätzlichen Achsen mit den übrigen Achsen so ins Verhältnis gesetzt werden, daß sich gemäß dem Prinzip der Kreuzrelation Abweichungen der Umlaufgeschwindigkeit einzelner Räder auf einen gebildeten Referenzwert möglichst stark auswirkt.

[0025] Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der Figurenbeschreibung.

[0026] Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Ausführungsbeispiels und einer Figur näher erläutert.

[0027] Es zeigt

[0028] Fig. 1 eine schematische Darstellung des Verfahrensablaufs und der einzelnen Verfahrenselemente des erfindungsgemäßen Druckverlusterkennungsverfahrens. Das Verfahren ist durch Programmschritte in einem Speicher eines Mikrocontrollers definiert.

[0029] Wie in Fig. 1 dargestellt, werden die Radsensorsignale S1, S2, S3, S4 einem System zur Steuerung der Fahrdynamik 7 zugeführt. Das System zur Steuerung der Fahrdynamik kann mehrere Teilsysteme 21, 22 umfassen. Bei-

spiele für geeignete Teilsysteme sind Systeme zur Blockierverhinderung 21 (ABS) und zur Steuerung der Fahrdynamik 22 (ESP), die eine Erweiterung von ABS repräsentiert durch das Modul FD darstellt. Weitere Teilsysteme, wie ASR etc. können ebenfalls möglich Bestandteil des Systems sein. Einige bekannte Systeme zur Steuerung der Fahrdynamik sind so gestaltet, daß ein Rückfallebenenkonzept Erhöhung der Funktionssicherheit des Systems vorhanden ist. Fällt ein System mit höherer Hierarchie durch einen Defekt einer hierfür benötigten Komponente aus, so arbeitet zumindest das System einer niedrigeren Hierarchiestufe weiter, in der die Defekte Komponente nicht einbezogen ist bzw. nicht unbedingt einbezogen sein muß. Am Beispiel von Fig. 1 wird dies deutlich gemacht. Fällt einer der Sensoren im ESP-Modul 22 aus, so arbeitet das System im Zustand "ABS-ONLY" weiter, so daß zumindest die blockiergeschützte Bremsfunktion gewährleistet werden kann. Dieser Zustand wird an Leitung 13 ausgegeben.

[0030] In einem marktüblichen an sich bekannten ABS-System 21 werden anderen Teilsystemen Radsignale in unveränderter Form 18 (Rohdaten) und zusätzlich in durch Korrekturfaktoren K veränderter Form 23 zur Verfügung gestellt. Auch die anderen Teilsysteme, wie etwa ESP, können Fahrdynamikgrößen 24 anderen Systemen zur Verfügung stellen. Beispiele für vorhandene Sensoren sind: Gierraten-sensor  $S_{\dot{\psi}}$ , Lenkwinkelsensor  $S_{LWS}$  und Querschleunigungssensor  $S_Q$ . Die Signale dieser physikalisch vorhandenen Sensoren werden im ESP-Zusatzmodul 22 verarbeitet. Mit der Sensorsignale kann in einem Modul zur Kurvenfahrterkennung 25 ermittelt werden, ob eine Kurvenfahrt vorliegt. In Modul 25 kann beispielsweise überprüft werden, ob die Gierrate  $\dot{\psi}$  zuzüglich oder abzüglich eines Schwellenwertes vom Wert Null abweicht. Wird in Modul 25 auf eine Kurvenfahrt erkannt, so wird abhängig davon, ob Kurvenfahrt vorliegt, entweder ein "An"-Signal 26 (ON) oder ein "Aus"-Signal 27 (OFF) an Leitung 15 ausgegeben. Die im Modul 25 verarbeiteten Daten können entweder vom ABS-System 21 oder vom Teilsystem 22 stammen. Eine Umschaltung zwischen den Datenquellen erfolgt durch Umschaltungselement 16. Ist das System zur Steuerung der Fahrdynamik ESP im Zustand "ABS-ONLY", so liegt an Leitung 13 ein "high"-Signal an, welches Element 16 so schaltet, daß im Betrieb "ABS-ONLY" das Modul 25 mit den korrigierten Daten 29 des ABS-Systems 23 verbunden ist. Andernfalls ist Modul 25 mit den Daten der Sensoren Q,  $\dot{\psi}$ , LWS 24 verbunden.

[0031] Stammen die Daten 23 vom Teilsystem 21, können diese für die Druckverlusterkennung ungeeignet sein, was durch das Korrekturlement +K, mit dem die Daten korrigiert sind, herrührt. Insbesondere bei einer lang anhaltenden Kurvenfahrt würde mittels der von ABS stammenden Daten 23 keine Kurvenfahrt erkennbar sein, da ABS prinzipbedingt durch Veränderung der Korrekturfaktoren K ausgleichend auf die Daten der Radsensoren einwirkt. Die Erkennung einer Geradeausfahrt auf Basis von ABS-Daten 23 ist daher für die Zwecke der Druckverlusterkennung nicht immer geeignet.

[0032] Gemäß der Erfindung wird für den Fall, daß keine geeigneteren Daten, wie beispielsweise die Gierrate gemessen durch einen tatsächlich vorhandenen Gierratensensor, für die Geradeausfahrterkennung zur Verfügung stehen, eine erfindungsgemäß erweiterte Geradeausfahrterkennung 4 vorgeschlagen.

[0033] Die erweiterte Geradeausfahrterkennung arbeitet ähnlich wie ein an sich bekanntes Verfahren zur Druckverlusterkennung ebenfalls mit einer Lernphase 30 und einer Vergleichsphase 31.

[0034] In Funktionsblock 4 wird zunächst beispielsweise

die Gierrate  $\Psi$  über einen Zeitraum von beispielsweise etwa einigen Millisekunden erfaßt. Die Gierrate läßt sich für die Vorderachse und für die Hinterachse aus den aus den Daten 18 ableitbaren entsprechenden Radgeschwindigkeiten  $v$  der vorderen oder hinteren Räder berechnen. Besonders bevorzugt werden jeweils für die Vorderachse eine Gierrate  $\Psi_v$  und für die Hinterachse eine Gierrate  $\Psi_H$  bestimmt. Im Anschluß daran werden die so erhaltenen Werte der Gierrate in Block 4 in der Lernphase 30 weiterverarbeitet. Ist die Lernphase abgeschlossen, so werden die zuvor beschriebenen Werte für die Gierrate in der Vergleichsphase 31 zur Geradeausfahrterkennung mittels Schwellenwerten, die durch das Lernverfahren festgelegt wurden, herangezogen.

[0035] Gemäß dem Verfahren der Erfindung werden in Block 4 nur Daten in der Lernphase 30 verarbeitet, wenn im Erkennungsalgorithmus von Modul 25 oder in Block 4 selbst auf eine Geradeausfahrt erkannt wurde. Das Signal, ob eine Geradeausfahrt vorliegt (ON) oder nicht (OFF), wird über Leitung 17 an Block 4 übermittelt. In beiden Fällen erfolgt eine Verarbeitung der Daten in der Vergleichsphase, wenn die Lernphase einmal abgeschlossen ist.

[0036] Über Signalleitung 9 wird durch die Geradeausfahrterkennung in Block 4 auf das an sich bekannte Verfahren zur Druckverlusterkennung 6 zugegriffen. Wurde eine Geradeausfahrt festgestellt, so wird die Aufnahme von Daten für die Reifendruckverlusterkennung in Block 4 durch den Erkennungsalgorithmus in Modul 25 oder Block 4 in Abhängigkeit von der Schalterstellung des Elements 15 eingeschaltet. Wird durch Block 4 eine Kurvenfahrt festgestellt, so werden – ausgelöst durch Leitung 32 – keine Radsensorsignale in Block 6 an die Lernphase 28 und die Vergleichsphase 29 weitergeleitet. Gleichzeitig wird auch die Verarbeitung der Gierrate in der Lernphase, wie weiter oben bereits beschrieben, in Block 4 über Leitung 17 abgeschaltet. Erst wenn das Fahrzeug wieder geradeaus fährt, was mittels Block 4 nach Abschluß der Einlernphase unabhängig von Modul 25 festgestellt werden kann, wird die Weiterleitung der Signale in Block 28 und Block 29 durch den Algorithmus in der Vergleichsphase unter Zuhilfenahme der eingelernten Werte wieder angeschaltet. Die Kurvenfahrterkennung erfolgt dann ausschließlich durch Block 4, wenn eine ausreichende Anzahl von Daten zu einem Abschluß der Lernphase geführt hat. Die verarbeiteten bzw. erzeugten Daten in Block 4 werden bei einem Abstellen des Fahrzeugs in einem Speicher 33 gespeichert, so daß diese nach Wiederaufnahme des Fahrbetriebs sofort wieder zur Verfügung stehen. Die eingelernten Werte in Block 30 können hierbei auch während einer langgezogenen Kurve eingelernt worden sein. Dies kann insbesondere dann der Fall sein, wenn im Betrieb "ABS-ONLY" nur korrigierter Daten zur Verfügung stehen.

[0037] Die Schritte des Einlernens und des Vergleichens zur Erkennung der Geradeausfahrt werden nachfolgend beschrieben. Vorteilhafterweise läßt sich das Verfahren zur Erkennung der Geradeausfahrt vom an sich bekannten Verfahren zur Erkennung eines Druckverlusts, welches ebenfalls eine Lernphase und eine Vergleichsphase aufweist, durch geringfügige Änderung von Verfahrensschritten ableiten. Ein Beispiel für ein Verfahren zur Erkennung des Druckverlusts mit Lernphase und Vergleichsphase ist in der Internationalen Patentanmeldung WO 98/52780 beschrieben.

[0038] In Block 4 werden zur Erkennung der Fahrsituation, insbesondere zur Erkennung einer Geradeausfahrt, bevorzugt vorrangig von den Radsignalen abgeleiteten Größen ein oder mehrere Signale von Sensoren des Teilsystems 22 verwendet. Es ist möglich, daß ein Umschalten der beiden Datenquellen 18 und 19 durch ein Signal "ABS-ONLY" über Leitung 20 in Block 4 vorgenommen wird.

[0039] Die gewonnenen Werte zur Beschreibung der aktuellen Fahrsituation werden zunächst in einer Lernphase 30 verarbeitet, worin ein Grenzbereich festgelegt wird, der zu einem späteren Zeitpunkt in der Vergleichsphase zur Erkennung der Kurvenfahrt herangezogen wird.

[0040] Hierzu kann zunächst  $\Psi$  gemittelt und/oder einer Filterung (z. B. Tiefpaß-Filter 1. Ordnung) unterworfen werden. Zu den hierdurch erhaltenen Größe werden dann Schwellenwerte hinzuaddiert beziehungsweise subtrahiert, die den Grenzbereich festlegen. Das Festlegen des Grenzbereichs beendet die Lernphase 30.

[0041] In der Vergleichsphase 31 werden dann aktuelle Radsignale zu einer Gierrate umgerechnet und daraufhin überprüft, ob die Gierrate innerhalb der eingelernten Grenzen des Grenzbereich liegen. Ist dies der Fall, so liegt für die betreffende Achse keine Kurvenfahrten vor. Liegt der aktuelle Wert der Gierrate einer Achse außerhalb des jeweils dafür vorgesehenen Grenzbereichs, so liegt entweder ein Druckverlust an der Achse vor, oder es handelt sich um eine Kurvenfahrt. Erfindungsgemäß wird genau dann auf eine Kurvenfahrt erkannt, wenn für beide Achsen der aktuelle Wert von  $\Psi$  außerhalb des Grenzbereichs liegt.

[0042] Im Prinzip kann zur Erkennung der Kurvenfahrt auch ein anderer Parameter, wie etwa die Querschleunigung etc. herangezogen werden. Besonders bevorzugt wird jedoch die Gierrate für die Vorderachse und für die Hinterachse bestimmt und jeweils für jede Achse ein Grenzbereich eingelernt.

[0043] Über Leitung 34 kann einem Umschaltelement 15 signalisiert werden, ob Block 4 aktiv ist, insbesondere ob bereits die Lernphase 30 abgeschlossen wurde.

[0044] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, daß auch für den Fall, daß während einer langgezogenen Kurve ein Einlernen stattgefunden hat, eine verbesserte Druckverlusterkennung ermöglicht wird. Bei einem Neustart des Druckverlusterkennungssystems sind in Speicher 33 von Block 4 noch keine eingelernten Werte vorhanden. Aufgrund dessen werden zur Kurvenfahrterkennung in Modul 25 Fahrdynamikdaten 23, 24 entweder von ABS oder vom ESP-Zusatzmodul FD verwendet. Ist nun im Fahrzeug entweder kein ESP vorhanden oder ist ESP beispielsweise aufgrund einer Fehlfunktion ausgefallen, so werden ausschließlich Daten von ABS verwendet. Diese Daten sind durch Korrekturfaktoren  $K$  korrigiert. Während einer langgezogenen Kurve erkennt das System 21 nicht, daß es sich um eine Kurve handelt, so daß die Radsignale in der Weise korrigiert werden, daß die an Block 16 weitergeleiteten Daten keine Kurvenfahrten erkennen lassen. Dies hat zur Folge, daß in Block 4 ein Einlernen mit unkorrigierten Daten 18, die während einer Kurvenfahrt durch die Radsensoren aufgenommen werden, durchgeführt wird. Werden beispielsweise Achsenkenngrößen  $\Psi_v$  und  $\Psi_H$  eingelernt, so sind die in der Lernphase ermittelten Grenzwerte  $^vG_1$  und  $^HG_2$  für die Vergleichsphase um einen bestimmten Absolutwert verschoben eingelernt. Wird das Einlernen in der langgezogenen Kurve beendet, so schaltet Block 4 darauffolgend in der Vergleichsphase von Block 4 das Druckverlusterkennungsverfahren in Block 6 immer dann ein, wenn die langgezogene Kurve, bei der das Einlernen stattgefunden hat, wieder durchfahren wird. Dies stellt gegenüber an sich bekannten Druckverlusterkennungsverfahren eine Verbesserung dar, denn es wird eine Fehlererkennung aufgrund eines Wechsels zwischen einer langgezogenen Rechtskurve und einer langgezogenen Linkskurve erfolgreich vermieden.

[0045] Gemäß der Erfindung werden vorzugsweise die eingelernten Werte in einem beispielsweise in Block 4 vorgesehenen Speicher 33 gespeichert, so daß diese nach einem Abschalten des Systems beispielsweise beim Abstellen des



Kraftfahrzeugs erhalten bleiben. Wird das Kraftfahrzeug wieder in Betrieb genommen, muß die Lernphase nicht noch einmal durchlaufen werden, so daß die Geradeausfahrenderkennung in Block 4 zu einem früheren Zeitpunkt zur Verfügung steht.

[0046] In einer weiteren Ausführungsformen der Erfindung wird die Geradeausfahrt dann erkannt, wenn der aktuelle Wert der verwendeten Achsenkenngröße  $\Psi_v$ ,  $\Psi_H$  von Vorderachse und Hinterachse außerhalb des durch die jeweiligen Werte  $^V G_1$  und  $^V G_2$  bzw.  $^H G_1$  und  $^H G_2$  festgelegten Bereichs liegt. Dies ermöglicht eine irrtümliche Geradeausfahrenderkennung von Block 4 aufgrund eines aufgetretenen Reifendruckverlustes zu vermeiden. Dieser Strategie liegt die Annahme zugrunde, daß ein Druckverlust in der Regel nicht an mehreren Rädern gleichzeitig stattfindet.

[0047] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann zusätzlich überprüft werden, ob im zusätzlichen Verfahrenselement zur Geradeausfahrenderkennung 4 der Parameter für die aktuelle Fahrsituation über einen längeren Zeitraum keine Kurvenfahrt anzeigt. Wird beispielsweise die Gierrate  $\Psi$  zur Kurvenfahrenderkennung herangezogen, so kann durch Aufintegration zweckmäßigerweise für einen Zeitraum, der ca. einer Entfernung von 30 gefahrenen Kilometern entspricht, überprüft werden, ob der Wert von  $\Psi$  größer oder kleiner als Null ist. Auch hier kann ein Schwellenwert zur Einfügung einer höchstzulässigen Schwankungsbreite berücksichtigt werden.

[0048] Wurde in diesem hier beschriebenen Algorithmus eine langgezogene Kurve erkannt, so ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß entweder der Speicher 33 auf einen Anfangswert zurückgesetzt wird bzw. das Lernverfahren in Block 4 auf einen Anfangswert zurückgesetzt wird. Dies hat zur Folge, daß das Lernverfahren von neuem beginnt.

[0049] Vorteilhafterweise ist auf diese Weise bereits zu einem frühen Zeitpunkt nach Neustart des Druckverlusterkennungssystems das Druckverlusterkennungssystem verfügbar, auch wenn zunächst ausschließlich langgezogene Kurven durchfahren werden. Werden dann zu einem späteren Zeitpunkt auch Geradeausstrecken durchfahren, kann das Druckverlusterkennungssystem neue verbesserte Vergleichswerte einlernen.

[0050] Die Arbeitsweise eines an sich bekannten Verfahrens zur Reifendruckverlusterkennung auf Basis von Radrehzahlinformationen wird nachfolgend an Hand von Fig. 1 in Schritten erläutert.

#### Schritt A1

[0051] Aufnehmen der Winkelgeschwindigkeiten mittels Radsensoren  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  und  $S_4$ , wobei mit  $S_1$  der Sensor des rechten Vorderrads, mit  $S_2$  des linken Vorderrads, mit  $S_3$  des rechten Hinterrads und mit  $S_4$  des linken Hinterrads bezeichnet ist. Bevorzugt kann eine zeitliche Größe  $T$  als Maß für die Radgeschwindigkeit verwendet werden, insbesondere kann eine Synchronisation auf eine Sensorflanke erfolgen. Dies bietet den Vorteil einer erhöhten Genauigkeit bei der Bestimmung der Radgeschwindigkeiten. Diese Funktionen werden in Block 7 bereitgestellt.

#### Schritt A2

[0052] Ermitteln von Vergleichswerten (Lernphase 28) für die Druckverlusterkennung in Block 6 durch die Schritte A2a bis A2g.

#### Schritt A2a

[0053] Bildung von Referenzwerten  $Ref_i$  nach der Formel

$$Ref_i = (w_k + w_l) / (w_m + w_n)$$

wobei  $k$ ,  $l$ ,  $m$ ,  $n$  Parameter zur Bezeichnung von Rädern 1 bis 4 sind,  $w$  die Winkelgeschwindigkeiten eines Rades ist und  $i = 1 \dots 3$  unterschiedlich ermittelte Radpaarungen bezeichnet. Ist zum Beispiel bei Idealbedingungen die Winkelgeschwindigkeit der Räder gleich, so betrüge der Wert des Referenzwertes  $Ref_1 = 1$ . Bei einem Druckverlust weicht der Referenzwert um einen bestimmten Betrag von 1 ab.

#### Schritt A2b

[0054] Prüfung, ob die Fahrbedingungen bzw. die Fahrsituation in einem zulässigen Bereich liegt. Wenn eine Fahrbedingung vorliegt, die ein Bilden der Referenzwerte als nicht sinnvoll erscheinen läßt, beispielsweise wenn die Längsbeschleunigung, die Querb beschleunigung oder die Radbeschleunigung bestimmte Schwellenwerte überschreitet, so wird das Teilverfahren nicht weitergeführt. Das Einschalten bzw. Abschalten der Weiterleitung von Referenzwerten erfolgt durch Modul 25 (ON/OFF in Fig. 1) oder alternativ durch Block 4. Modul 25 ist demnach nicht auf die Erkennung einer reinen Geradeausfahrt beschränkt. Die Druckverlusterkennung in Block 6 und die Geradeausfahrenderkennung in Block 4 wird auch nur dann eingeschaltet, wenn eine nicht-dynamische Fahrsituation vorliegt.

#### Schritt A2c

[0055] Erzeugung von gefilterten Referenzwerten  $\overline{Ref}_i$  z. B. mittels eines Tiefpaßfilters 1. Ordnung. Die Tiefpaßfilterung läßt sich entweder durch Auswertung von gespeicherten Daten von Referenzwerten durchführen oder mittels eines Rekursionsverfahrens zur Tiefpaßfilterung in Block 6.

#### Schritt A2d

[0056] Speichern von Ober- und Untergrenzen der gefilterten und ungefilterten Referenzwerte  $Ref^{Max}$  und  $Ref^{Min}$  und Erzeugung eines Mittelwertes  $Ref^M$  aus den zurückliegenden Daten bzw. rekursive Erzeugung eines Mittelwertes in Block 6.

#### Schritt A2e

[0057] Wiederholen der Schritte A1 bis A2d solange, bis die Anzahl der ermittelten Referenzwerten einen Wert  $N$  ( $N > 1$ , vorzugsweise  $N > 5$ ) erreicht hat und Überprüfung, ob die Differenz von  $Ref^{Max}$  und  $Ref^{Min}$  einen bestimmten Schwellenwert nicht überschreitet. Ist dieser Schwellenwert überschritten, so wird das Verfahren neu begonnen.

#### Schritt A2f

[0058] Speichern von oberen und unteren Grenzwerten  $^i G_1$ ,  $^i G_2$  für die Druckverlusterkennung in Abhängigkeit von den im zurückliegenden Zeitraum ermittelten Referenzwerten (Lernphase) für die Druckverlusterkennung, wobei bevorzugt zur Bildung der Grenzwerte ein Offsetwert zum Mittelwert  $Ref^M$  hinzuaddiert bzw. subtrahiert wird (Block 6).

#### Schritt A2g

[0059] Fortsetzung des Verfahrens in der Vergleichsphase V, wie nachfolgend beschrieben.

## Beschreibung der Vergleichsphase

[0060] Ermitteln von Referenzwerten gemäß Punkt B2 für die Druckverlusterkennung und Berechnung der Formel

$${}_iG_1 < {}_iG_{\text{Ref}} < {}_iG_2$$

in Block 6. Durch Berechnung der vorstehenden Formel kann nach dem erfindungsgemäßen Verfahren überprüft werden, ob ein Druckverlust aufgetreten ist. Liegt ein Druckverlust vor, wird zweckmäßigerweise eine Information über den Druckverlust des Rades z. B. durch eine Warnlampe 10 im Armaturenbrett ausgegeben.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung eines Druckverlusts von Kraftfahrzeugreifen während der Fahrt (1, 6), durch Auswertung von mittels Sensoren (35) bestimmten Umlaufgeschwindigkeitssignalen oder -daten (36) der Räder des Kraftfahrzeugs, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Erkennung einer Geradeausfahrt (4) oder einer nicht dynamischen Fahrsituation an Hand von unveränderten Radgeschwindigkeitssignalen (18) erfolgt, wobei die unveränderten Radsignale Rohdaten bzw. -signale von den Radsensoren (35) sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Blockierverhinderungssystem (21) oder ein Fahrdynamikregelungssystem (22) aufbereitete Radsignale (23) zur Verfügung stellt und diese nicht zur Druckverlusterkennung (6) herangezogen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erkennung einer Geradeausfahrt aufbereitete Radsignale (23), unveränderte Radsignale (18) und Signale (24) von Fahrdynamiksensoren verwendet werden.
4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß nur bei einer erkannten Geradeausfahrt das Verfahren zur Druckverlusterkennung (6) aktiviert wird.
5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein erstes (25) und ein zweites Verfahren zur Geradeausfahrterkennung (4) durchgeführt wird und das zweite Geradeausfahrterkennungsverfahren eine Lernphase (30) und einer Vergleichsphase (31) umfaßt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Geradeausfahrterkennungsverfahren (4) nur dann zur Erkennung einer Geradeausfahrt verwendet wird, wenn keine Signale (24) von Fahrdynamiksensoren zur Verfügung stehen.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Geradeausfahrterkennungsverfahren (25) das Verfahren zur Bestimmung des Reifendruckverlustes (6) und das zweite Geradeausfahrterkennungsverfahren (4) aktiviert (26) oder deaktiviert (27).
8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Aktivierung des zweiten Geradeausfahrterkennungsverfahrens (4) die unveränderten Radgeschwindigkeitssignale (18) in dem Lernverfahren (30) und der Vergleichsphase (31) des zweiten Geradeausfahrterkennungsverfahrens verarbeitet werden und bei einer Deaktivierung des zweiten Geradeausfahrterkennungsverfahrens keine Verarbeitung der unveränderten Radgeschwindigkeitssignale in dem Lernverfahren des zweiten Geradeausfahrterkennungsverfahrens erfolgt.

9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß im ersten Geradeausfahrterkennungsverfahren (25), wenn keine Sensorsignale (24) zur Verfügung stehen, korrigierte Signale oder Daten (23) vom Blockierverhinderungssystem (21) verwendet werden, wobei das Blockierverhinderungssystem die Radsignale (36) zum Ausgleich von Radradienunterschieden korrigiert und ggf. aus diesen Daten korrigierte Fahrsituationssignale erzeugt.

10. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rückfallebenen-Konzept vorgesehen ist, mit einem ersten Betriebszustand, bei dem Signale von Fahrsituations-Sensoren (24) für die Geradeausfahrterkennung verwendet werden und einem zweiten Betriebszustand, der bei Ausfall eines Sensors oder des Fahrdynamiksteuerungssystems (22) vorliegt, wobei im zweiten Betriebszustand die Geradeausfahrterkennung auf die Fahrsituationsdaten (23) des Blockierverhinderungssystems zurückgreift (21) und wobei zusätzlich verfahrensmäßig vorgesehen ist, daß in einem Kraftfahrzeug, welches lediglich mit einem Blockierverhinderungssystem (21) ausgestattet ist, immer die Daten des Blockierverhinderungssystems zur Geradeausfahrterkennung (25) verwendet werden.

11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Druckbestimmungsverfahren (6) aus den Radgeschwindigkeiten oder Informationen, die die Radgeschwindigkeiten auf Basis von Zeitintervallen angeben, eine oder mehrere Referenzgrößen durch Bildung von Kreuzrelationen erzeugt, und die Referenzgrößen daraufhin überwacht, ob jeweils ein Grenzbereich für die Referenzwerte eingehalten wird.

12. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren zum Messen des Drucks von Fahrzeugreifen innerhalb eines Verfahrens zur Regelung der Bremskraft und/oder der Fahrdynamik (ABS, ASR, ESP) ausgeführt wird.

13. Vorrichtung zur Steuerung der Bremskraft und/oder der Fahrdynamik und zur Erkennung eines Druckverlusts von Kraftfahrzeugreifen, dadurch gekennzeichnet, daß ein Mikrorechner, der mit Raddrehzahlsensoren und gegebenenfalls zusätzlichen Fahrdynamiksensoren verbunden ist, ein Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 11 und ein an sich bekanntes Verfahren zur Regelung der Bremskraft und/oder Fahrdynamik abarbeitet.

14. Verwendung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 12 oder der Vorrichtung nach Anspruch 13 in Personenkraftwagen oder Nutzfahrzeugen mit zwei oder mehreren Achsen.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

6. 1. 1.

- Leerseite -

